

SỰ PHÁT TRIỂN ĐỘ CỨNG CỦA HỢP KIM 7075 KHI HOÁ GIÀ NHIỀU CẤP

Chu Thiên Trường (Học viện Kỹ thuật quân sự)

1. Đặt vấn đề

Hợp kim nhôm độ bền cao hệ Al-Zn-Mg-Cu, chẳng hạn hợp kim 7075, đang được sử dụng trong sản xuất công nghiệp cũng như trong quốc phòng ngày một rộng rãi. Cơ chế hoá bền bằng hoá già hợp kim này dựa trên hiện tượng tiết pha, cản trở chuyển động của các lệch mạng. Đối với hợp kim hệ Al-Zn-Mg-Cu hầu như không sử dụng hoá già tự nhiên do quá trình hoá bền xảy ra rất chậm. Thay vào đó, hợp kim 7075 thường được hoá già nhân tạo (T6) hoặc hoá già phân cấp (T6I76), trong đó cấp sau có nhiệt độ cao hơn cấp trước. Nhiệt luyện thích hợp cho phép hợp kim 7075 có thể đạt độ bền cao đến 600 MPa [1-2].

Các dạng nhiệt luyện truyền thống được áp dụng trong thực tế sản xuất gắn liền với quá trình hoá bền dựa trên hiện tượng tiết pha sơ cấp. Trước đây người ta cho rằng, trạng thái giả cân bằng thu được khi hoá già có thể ổn định trong thời gian đủ dài nhưng các nghiên cứu gần đây cho thấy quan niệm đó không hoàn toàn đúng nữa trong nhiều trường hợp. Bên cạnh hiện tượng tiết pha sơ cấp còn có hiện tượng tiết pha thứ cấp [3-5]. Đã xuất hiện một số thông tin đề cập đến dạng nhiệt luyện hoá già nhiều cấp (T6I6) đối với một số hợp kim nhôm có sử dụng hiện tượng tiết pha thứ cấp [6]. Trong một số trường hợp độ bền, độ cứng của hợp kim sau khi hoá già nhiều cấp như vậy có thể cao hơn 15-20% so với các dạng hoá già truyền thống.

Nghiên cứu này nhằm tìm hiểu khả năng hoá già có tiết pha thứ cấp để hoá bền hợp kim nhôm 7075.

2. Thực nghiệm

Hợp kim nghiên cứu có thành phần trung bình Al-5Zn-2Mg-1,8Cu, tạp Fe và Si trong giới hạn cho phép đối với hợp kim 7075. Các mẫu nghiên cứu có kích thước 40×20×2 (mm).

Nhiệt luyện tiến hành trong lò buồng thông thường. Các chế độ hoá già truyền thống, sau khi tôi từ $470 \pm 5^\circ\text{C}$, gồm hoá già nhân tạo T6 ở 120 - 170°C và hoá già 2 cấp (T6I76) ở 120°C và 170°C. Chế độ hoá già 3 cấp (T6I6) đã được tiến hành gồm cấp 1 trong khoảng nhiệt độ 110 - 180°C, cấp 2 trong khoảng 25-95°C và cấp 3 trong khoảng 25 - 180°C.

Để theo dõi quá trình hoá già, trong điều kiện hiện có, phương pháp xác định độ cứng HB đã được sử dụng như là phương pháp nghiên cứu chủ yếu.

3. Kết quả

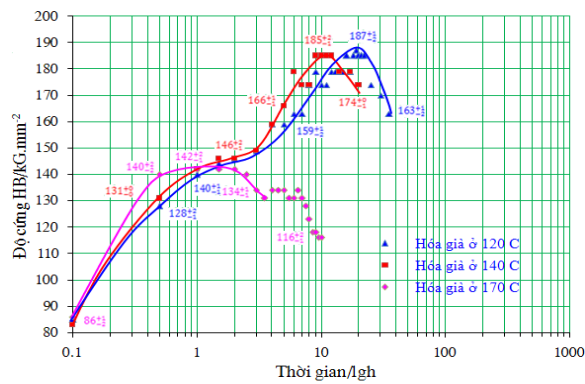
Quá trình tiết pha trong hệ Al-Zn-Mg-Cu xảy ra theo nhiều giai đoạn với những biến đổi cấu trúc phức tạp. Dãy các tiết pha của hệ Al-Zn-Mg-Cu nói chung được chấp nhận như sau:



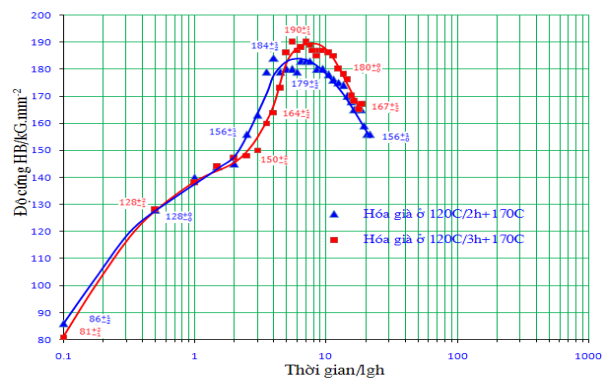
trong đó, các vùng G-P(I) và G-P(II) là tập hợp giàu nguyên tố hợp kim với các kích thước cỡ nano [7]. Vùng G-P(I) có dạng cầu, hình thành ở nhiệt độ tương đối thấp và bị hoà tan ở khoảng 140°C còn vùng G-P(II) ổn định hơn và có thể chuyển tiếp thành pha η' . Các vùng G-P cũng như các tiết pha đã cản trở sự chuyển động của lệch, gây nên hiện tượng hoá bền tiết pha. Cực đại độ cứng đạt được khi hoá già là hỗn hợp gồm các vùng G-P và pha η' .

Hình 1 là đường cong hoá già theo chế độ T6 khi nhiệt độ hoá già ứng với 120°C, 140°C và 170°C. Các đường cong hoá già ở 120°C và 140°C có dáng điệu tương tự, chứng tỏ những nét tiết pha chủ yếu ở 2 nhiệt độ hoá già này giống nhau. Cực đại độ cứng đạt được khi này vào khoảng 183-190 HB. Dáng điệu đường cong hoá già khi nâng nhiệt độ lên đến 170°C khác hẳn, cho phép dự đoán số giai đoạn tiết pha có thể đã giảm đi, độ cứng đạt thấp hơn (khoảng 140 HB). Sự phát triển độ cứng cũng như sự dịch chuyển đường cong hoàn toàn phù hợp với lý thuyết hoá bền tiết pha.

Trong chế độ hoá già phân cấp T6I76 các mẫu được hoá già ở 120°C sau đó hoá già tiếp ở 170°C (Hình 2). Như thực nghiệm ở hợp kim này cho thấy, nếu thời gian hoá già ở cấp đầu tiên kéo dài sẽ làm tăng độ cứng khi hoá già ở cấp sau. Giá trị độ cứng cực đại về cơ bản giống như ở T6 nhưng thời gian đạt đến cực đại ngắn hơn.

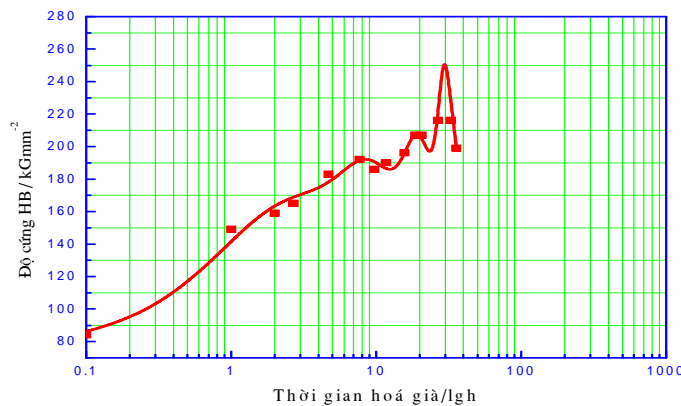


Hình 1. Đường cong hoá già hợp kim 7075 ở chế độ T6



Hình 2. Đường cong hoá già phân cấp T6I76 hợp kim 7075

Kết quả của hoá già phân cấp cho thấy dạng nhiệt luyện này thích hợp đối với việc thay đổi quá trình tiết pha nhằm đạt được cơ tính như mong đợi. Để phát triển một bước hoá già đa cấp đối với hợp kim 7075, chúng tôi đã thực hiện nhiệt luyện 3 cấp T6I6. Chế độ này cho phép tiết pha thứ cấp xảy ra, do vậy mật độ tiết pha tăng lên nhiều làm cho hiệu quả hoá bền cao hơn. Kết quả được trình bày trên hình 3. Giá trị cực đại độ cứng xác định từ thực nghiệm đạt khoảng 220 HB sau thời gian hoá già khoảng 30 giờ.



Hình 3. Đường cong hoá già 7075 khi áp dụng chế độ 3 cấp

Qua 3 dạng hoá già đã trình bày có thể thấy rằng, bằng hoá già nhiều cấp có thể điều khiển quá trình tiết pha theo hướng mong muốn. So với 2 dạng hoá già truyền thống, hoá già 3 cấp thể hiện ưu thế vượt trội trong việc nâng cao cơ tính vật liệu. Nếu để đạt giá trị độ cứng tương đương với hoá già truyền thống thì thời gian hoá già đa cấp cũng không dài hơn trong khi đó hoá già nhiều cấp cho khả năng nâng cao độ cứng tiếp; điều này hoá già truyền thống không thể có được. Độ cứng khi hoá già nhiều cấp trong thực nghiệm này cao hơn hẳn độ cứng khi hoá già phân cấp truyền thống khoảng 15%, hoàn toàn phù hợp với các công bố trên các tài liệu khoa học.

4. Kết luận

Tiết pha thứ cấp có vai trò quan trọng trong việc nâng cao độ bền của hợp kim 7075. Để tận dụng khả năng này cần phải tiến hành hoá già 3 cấp với chế độ thích hợp. Trong nghiên cứu này độ cứng của hợp kim tăng lên khoảng 15% so với giá trị thu được khi hoá già theo các chế độ truyền thống. Điều này mở ra một triển vọng cho việc ứng dụng hoá già nhiều cấp trong thực tế.

Tóm tắt

Hợp kim Al-5Zn-2Mg-1,8Cu (7075) đã được hoá già với các chế độ khác nhau như hoá già nhân tạo (1 cấp), hoá già phân cấp (2 cấp) và hoá già với việc tận dụng hiệu ứng tiết pha thứ cấp (3 cấp). Chế độ hoá già 3 cấp cho thấy hiệu ứng tiết pha thứ cấp đối với hợp kim này đã nâng cao đáng kể độ cứng so với các dạng hoá già truyền thống như hoá già nhân tạo cũng như hoá già 2 cấp. Điều này mở ra khả năng áp dụng dạng nhiệt luyện hoá già 3 cấp vào thực tiễn sản xuất.

Summary

Hardness developments of a 7075-alloy during multi-stage ageing treatments

An Al-5Zn-2Mg-1,8Cu alloy (7075 alloy) was heat treated with many different tempers such as the single-stage ageing (T6), two-step ageing (T6I76) and multi-step ageing utilizing secondary precipitation (T6I6). In comparison with T6 and T6I76 tempers, the T6I6-temper shows positive effects of the secondary precipitation on the significant improvement of hardness in this alloy. The temper utilizing secondary precipitation could be useful in order to improve mechanical properties of the 7075 alloy.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Các Patents: US Patent N6037319, freepatentsonline N7035839...
- [2]. ASM Handbook (1991), vol. 4 Heat treating, ASM International.
- [3]. Gerlach, R. and H. Löffler (1982) , Development of the Microhardness of an Al-2Zn-1.3Mg Alloy with Additions of Technical Impurities.... Crystal Res.& Technol. , pp 267-273
- [4]. Kovács Zs., N. Q. Chinh , K. Süvegh , T. Marek ,Gy. Horváth , J. Lendvai, D. H. Ping , K. Hono (2004), The Effect of Cu on Precipitation in Al-Zn-Mg Alloys, Materials Forum, vol. 28, 1192 – 1194.
- [5]. Löffler H. et al. (1983), Decomposition processes in Al-Zn-Mg Alloys, Journal of Materials Science, 18, pp 2215-2240
- [6].Löffler H. (1995), Structure and Structure Developments of Al-Zn Alloys, Ch.3, Akademie Verlag GmbH, Berlin.
- [7]. Zolotarevskij V.X., Belov N.A. (2000), Metallovedenie tsvetnyk metallov, Moxkva.